

KOMPATYBILNOŚĆ POJAZDÓW – MODELOWANIE ZJAWISKA

Streszczenie

W artykule omówiony został problem kompatybilności pojazdów oraz przykład modelowania tego zjawiska z wykorzystaniem metody elementów skończonych

WSTĘP

Zderzenie boczne samochodu osobowego oraz ciężarowego może doprowadzić do obrażeń biomechanicznych ich użytkowników. W celu zmniejszenia wspomnianych urazów konieczne są badania nad bezpieczeństwem użytkowników pojazdów. Ważnym problemem społecznym jest problem kompatybilności. Głównym czynnikiem prowadzącym do rozpoczęcia niniejszych badań jest obecność na drogach ciężkich ciężarówek.

Od wczesnych lat osiemdziesiątych liczba samochodów z grupy LTV znacząco wzrosła. Ta grupa pojazdów zawiera w sobie samochody o masie własnej do 4 535 kg lub mniejszej w tym również lekkie ciężarówki, pick-up'y, wany oraz SUV. Więcej samochodów z grupy LTV prowadzi do identyfikacji nowych problemów związanych z bezpieczeństwem na drogach. Możemy wyróżnić następujące zależności:

- Wzrost liczby przypadków śmiertelnych w odniesieniu do wzrostu liczby samochodów z grupy LTV
- Charakterystyka samochodu a kolizje ze skutkiem śmiertelnym
- Zachowanie kierowców w odniesieniu do przypadków śmiertelnych

Przyczyną wymienionych wyżej zależności jest wzajemna kompatybilność pojazdów, które posiadają różne masy, sztywności oraz geometrię. Te trzy współczynniki są głównymi składnikami problemu kompatybilności.

Agresywność pojazdu jest ważną składową zjawiska kompatybilności. Zależność (1) ukazuje wpływ przypadków śmiertelnych w stosunku do liczby kolizji:

$$\text{Agresywność} = \frac{\text{Liczba przypadków śmiertelnych}}{\text{Liczby zderzeń rozpatrywanego pojazdu}} \quad (1)$$

Ciężkie ciężarówki są obecne na naszych drogach i nie mogą być zastąpione przez alternatywne środki transportu. Transport morski, lotniczy czy kolejowy nie jest dostępny w każdej lokalizacji. Ciężarówki będą stale potrzebne do transportu różnych towarów. Obserwuje się zwiększoną agresywność ciężarówek w odniesieniu do samochodów osobowych.

Przy badaniach na temat bezpieczeństwa drogowego powinno się uwzględnić fakt, że ciężarówki mają masę od 3 do 50 razy większą niż samochody osobowe. Posiadają również większą sztywność i są wyżej zawieszane. Powoduje to większe deformacje samochodu osobowego podczas zderzenia.

1. SYMULACJE KOMPUTEROWE

W celu zbadania wpływu problemu kompatybilności na bezpieczeństwo drogowe przeprowadzono analizy komputerowe z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Oprogramowaniem, które użyto do symulacji komputerowych, jest PAM-CRASH 2G z wykorzystaniem modułu explicite. Użyte jednostki to: kg, mm, ms oraz GPa. Jednostki te są głównie używane w symulacjach zderzeń dynamicznych. Do budowy bariery FUP użyto elementów typu powłokowego (shell).

Typ materiału do bariery FUP to 103, czyli elasto-plastyczny używany do elementów powłokowych z modułem Young'a, stałą Poisson'a, współczynnikiem hourglassingu.

W symulacjach komputerowych użyto następujących modeli:

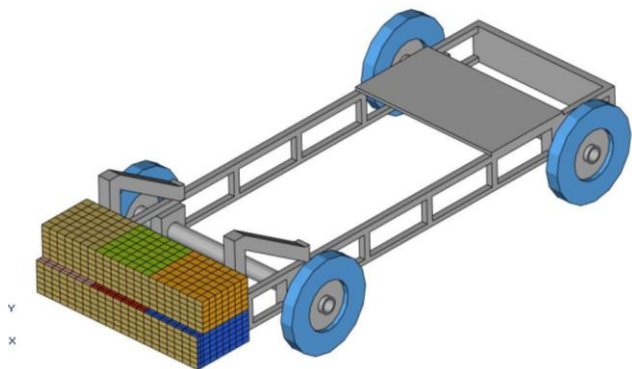
- Chrysler Neon (elementy powłokowe oraz 3D, baza programu PAM-CRASH)
- Bariera ruchoma (elementy 3D, baza programu PAM-CRASH)
- Front Underrun Protection Barrier (materiał stal S500 i S600, w zależności od części bariery grubość od 4 do 10 mm)
- Hybrid III Dummy (głównie elementy powłokowe, baza programu PAM-CRASH)

Model samochodu Chrysler Neon jest standardowym modelem dostępnym w bazie danych programu PAM-CRASH. Dodatkowymi elementami są: metalowa struktura siedzenia kierowcy, pasy bezpieczeństwa oraz manekin Hybrid III.

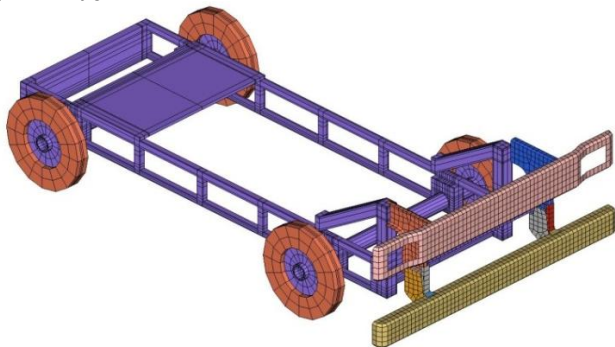


Rys. 1. Chrysler Neon z metalową strukturą siedzenia kierowcy

Ruchoma bariera jest zmodyfikowaną barierą pochodzącą z bazy danych programu PAM-CRASH. Modyfikacje dotyczą masy oraz przedniej części bariery. Masę zmieniono na 6 950 kg co odpowiada masie ciężarówki KAMAZ.

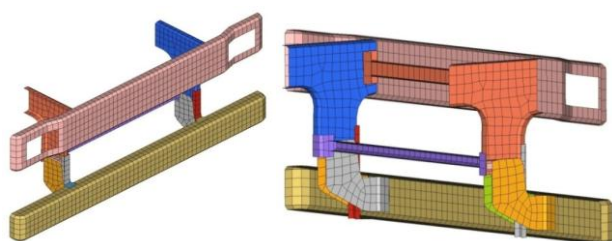


Rys. 2. Oryginalna bariera ruchoma



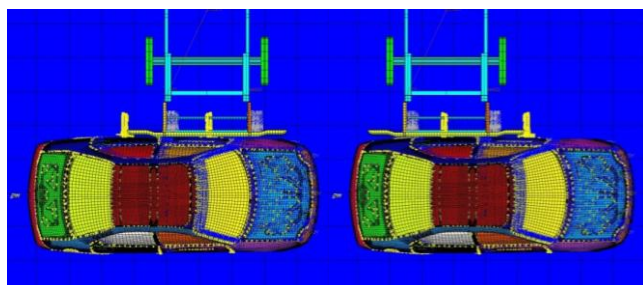
Rys. 3. Zmodyfikowana bariera ruchoma

Przednia część bariery ruchomej, która teraz stanowi uproszczony model przedniej części samochodu ciężarowego została wykonana z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych. Bariera FUP pochodząca z samochodu Mercedes Actros stanowi modle referencyjny.



Rys. 4. Model MES bariery FUP

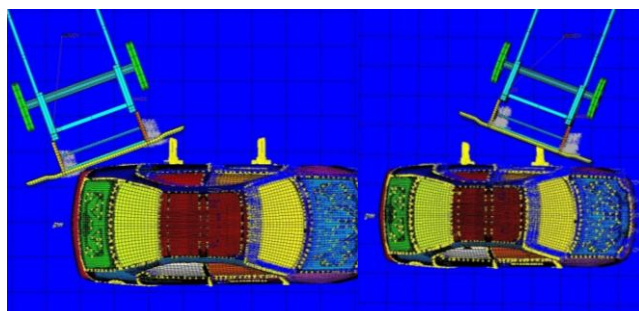
Symulacje przeprowadzono dla dwóch prędkości: 51 km/h oraz 64 km/h z różnymi kątami oraz wysokościami położenia ruchomej bariery względem samochodu osobowego, który pozostawał nieruchomy. Punktem referencyjnym jest środkowy słupek samochodu osobowego. Ta część jest pozycją 0, od której liczone przesunięcie ruchomej bariery. Wszystkie rozpatrywane przypadki wymieniono poniżej.



Rys. 5. Pozycja ruchomej bariery w odniesieniu do samochodu osobowego

Tab. 1. Rozważane konfiguracje wzajemnego położenia ruchomej bariery i samochodu osobowego

Prędkość [km/h]	Wysokość bariery ponad jezdnią [mm]	Pozycja [mm]	Kąt [°]
51	180	0	0
		-600	0
		+600	0
		-800	+20
		+800	-20
	300	0	0
		-600	0
		+600	0
		-800	+20
		+800	-20
	400	0	0
		-600	0
+600		0	
-800		+20	
+800		-20	
64	180	0	0
		-600	0
		+600	0
		-800	+20
		+800	-20
	300	0	0
		-600	0
		+600	0
		-800	+20
		+800	-20
	400	0	0
		-600	0
+600		0	
-800		+20	
+800		-20	

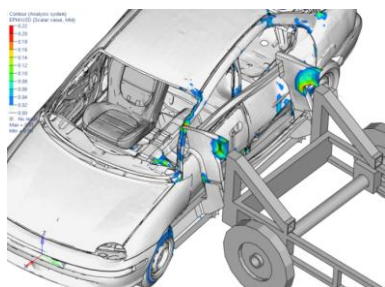


Rys. 6. Pozycja ruchomej bariery w odniesieniu do samochodu osobowego c.d.

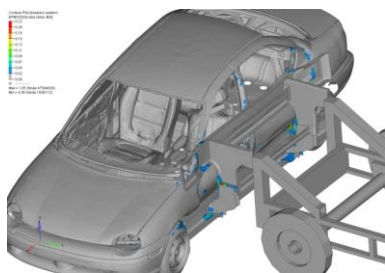
2. SYMULACJE KOMPUTEROWE

Pierwsza symulacja została przeprowadzona z wykorzystaniem standardowej bariery ruchomej dostępnej w bazie oprogramowania PAM-CRASH. Bariery użyto w celach oceny zachowania modelu oraz poprawności zamodelowania kontaktów pomiędzy poszczególnymi częściami modelu. Kolejna symulacja wykonana została z barierą FUP, w której zamiast deformowalnej części standardowej zastosowano części zbudowane z elementów powłokowych, jednakże bez pasa mocowania świateł. Brak tej części prowadzi do znaczących uszkodzeń samochodu osobowego spowodowanych

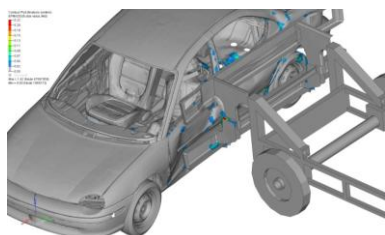
przez ciężarówkę. W szczególności najbardziej uszkodzone są drzwi kierowcy oraz przedni słupek karoserii.



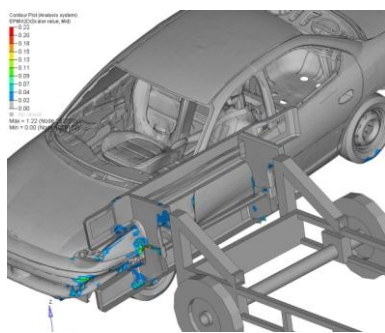
Rys. 7. Ruchoma bariera bez pasa mocującego światła – odkształcenia plastyczne



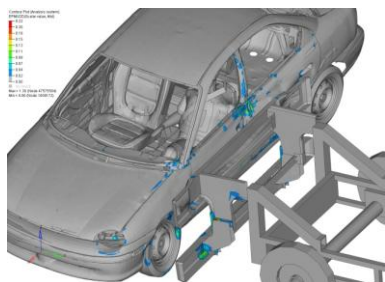
Rys. 8. Odkształcenia plastyczne – prędkość 51km/h, wysokość 300m, pozycja 0, kąt 0



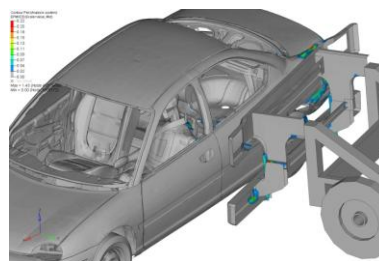
Rys. 9. Odkształcenia plastyczne – prędkość 51km/h, wysokość 300m, pozycja -600, kąt 0



Rys. 11. Odkształcenia plastyczne – prędkość 51km/h, wysokość 300m, pozycja +800, kąt -20



Rys. 10. Odkształcenia plastyczne – prędkość 51km/h, wysokość 300m, pozycja +600, kąt 0



Rys. 12. Odkształcenia plastyczne – prędkość 51km/h, wysokość 300m, pozycja -800, kąt +20

Kolejne symulacje były wykonane z barierą ruchomą wyposażoną w pas mocowania świateł. Symulacje te pozwalają na zbadanie wpływu zderzenia bocznego samochodu osobowego z ciężarówką na kierowcę tego pierwszego. Maksymalne wartości odkształceń plastycznych zawierają się w przedziale 105% - 143%. Maksymalne odkształcenia plastyczne dla stali wynoszą 22%. Powyżej tej wartości dochodzi do zniszczenia materiału. Maksymalne odkształcenia plastyczne mają miejsce w FUP oraz w dolnej części bocznej samochodu osobowego.

PODSUMOWANIE

Problem kompatybilności pomiędzy samochodem osobowym oraz ciężarówką występuje podczas zderzenia obu samochodów. Jest on wynikiem różnic w masie, sztywności oraz geometrii obu pojazdów. Różne położenia przedniej części ciężarówki prowadzą do powstania różnych interakcji pomiędzy samochodem osobowym a ciężarówką.

Najbardziej niebezpiecznym przypadkiem jest uderzenie ciężarówki w samochód osobowy w przypadku umieszczonej wysoko, w stosunku do samochodu osobowego, bariery FUP ciężarówki. Prowadzi to do niewłaściwego oddziaływania bariery FUP z wzmocnieniami zawartymi w drzwiach samochodu osobowego oraz jego progami. Powoduje to spore odkształcenia plastyczne w tym rejonie.

Odkształcenia plastycznie wykazują, iż dolna część samochodu osobowego oraz bariera FUP samochodu ciężarowego ulegną zniszczeniu podczas zderzenia. Prowadzi to do wniosku, że strefy kontrolowanego zgniotu samochodu osobowego oraz ciężarowego nie spełniają w tym przypadku swojego zadania.

BIBLIOGRAFIA

1. Kajzer, J., Harada, Y., Compatibility between Trucks and Cars in road accidents, Seminar / Workshop Biomechanics of Impacts / Passive Safety Problems in Central and Eastern Europe, Warsaw 2001.
2. Special issue: Vehicle compatibility in crashes, Status Report, Vol. 34, No. 9, October 1999.
3. ESI Group, Virtual Performance Solution 2008 Explicit Solver Notes Manual, February 2008.

VEHICLES COMPATIBILITY - PROCESS MODELLING

Summary

The main aim of the study is the side impact of the truck into the passenger car, which is one of the possible variants in compatibility case. The compatibility

problem has direct influence at biomechanical injuries of the passengers travelling by the cars and also at deformation of the structure. This research should assign critical configurations of the truck and the car during side impact. Critical criteria of compatibility problem are biomechanical injuries structure deformation. The research was performed with Chrysler Neon mode, automotive seating (metal construction), Hybrid III dummy model and moving barrier with changed mass (equals to the mass of the heavy truck KAMAZ) and equipped with front underrun protection barrier (FUP - based on the geometry of the Mercedes ACTROS front structure). Interaction between car and heavy truck is at the driver side. During the research different location and kqts of the barrier against the car has been taken into account. Two speeds were used to investigate the barrier influence to the car. The results of the simulation allow predicting plastic deformations which are visible at the Front Underrun Protection (FUP) barrier and also at the passenger car construction. The results of research allows to assign the direction of the changes which should be proposed to the truck manufactures in order to reduce passengers biomechanical injuries and intrusion into car during side impact.

Autorzy:

mgr inż. **Marcin Lisiecki** – Politechnika Warszawska – Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej